26

SUPPLÉMENT A LA NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. PIERRE TERMIER,

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES,
PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE ET DE PÉTROGRAPHIE A L'ÉCOLE DES MINES,
ADJOINT A LA DIRECTION DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE,
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE POUR L'ANNÉE 1904.

SUPPLÉMENT A LA LISTE DES PUBLICATIONS.

NOTES ET MÉMOIRES.

1903 (*suite*).

99. Observations relatives à trois Notes de M. Kilian sur la tectonique des Alpes françaises (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique,* séance du 9 novembre 1903).
100. Sur quelques analogies de faciès géologiques entre la zone centrale des Alpes orientales et la zone interne des Alpes occidentales (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* t. CXXXVII, p. 807).
101. Sur la structure des Hohe Tauern (Alpes du Tyrol) (*Id*, t. CXXXVII, p. 875).
102. Sur la synthèse géologique des Alpes orientales (*Id.,* t. CXXXVII, p. 939).
103. Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique,* séance du 21 décembre 1903; et *Bull. Soc. Géol.,* 4e série, t. III, dernier fascicule).

1904.

104. Allocution présidentielle (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique,* séance du 18 janvier 1904).
105. Sur la composition chimique des assises cristallophylliennes de la chaîne de Belledonne (Alpes occidentales). [En collaboration avec M. A. Leclère (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* t. CXXXVIII, p. 646).]
106. Allocution présidentielle, faisant part de la mort de M. Ferdinand Fouqué (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique,* séance du 7 mars 1904).

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Pierre-TERMIER.

(Travaux postérieurs a octobre 1903.)

Au mois de novembre 1903, j'ai présenté à l'Académie des Sciences [100, 101, 102] trois Notes relatives à la structure géologique des Alpes orientales. Ces Notes résumaient les observations que j'ai faites pendant les excursions du 9ᵉ Congrès géologique international, au cours de l'été dernier : observations qui ne vont à rien moins qu'à bouleverser toutes nos conceptions sur les Alpes orientales, et à substituer une synthèse harmonieuse et claire au chaos des descriptions allemandes. J'ai exposé les faits nouveaux et la théorie nouvelle dans une communication à la Société géologique de France (séance du 21 décembre 1903); et un Mémoire détaillé, ayant le même objet, est actuellement sous presse, et paraîtra, en avril ou mai, dans le dernier fascicule de 1903 du *Bulletin* de cette Société. Ce Mémoire est accompagné d'une planche de coupes générales au travers des Alpes, et d'une carte structurale de l'ensemble de la chaîne. Je vais essayer de le résumer ici en quelques mots.

Structure des Alpes orientales.

La clef de la structure des Alpes orientales gît dans la *Zentralzone*, c'est-à-dire dans le pays de roches métamorphiques qui va de l'Ortler à Gratz,

et qui comprend les plus hauts sommets et les plus vastes glaciers de l'Autriche. Cette importance extrême de la structure de la *Zentralzone* m'est apparue depuis longtemps. Elle n'avait pas non plus échappé à M. Ed. Suess; mais elle est restée insoupçonnée de tous les autres géologues autrichiens et allemands; et, dans le Livre tout récent (1903) que M. le professeur Diener, de Vienne, a consacré aux Alpes orientales [1], c'est le Chapitre relatif à la *Zentralzone* qui donne le plus vivement l'impression du chaos [2].

Au milieu de la *Zentralzone*, et formant comme la partie axiale de cette région cristalline, une haute chaîne se dresse, la chaîne des Hohe Tauern. Cette chaîne est dirigée de l'Ouest à l'Est; sa longueur, de Sterzing (chemin de fer du Brenner) au massif du Hochalm, atteint 150^{km}; sa largeur, dans le sens Nord-Sud, est de 15^{km} à 30^{km}. Géologiquement parlant, elle est faite de schistes cristallins, du milieu desquels surgissent, semblables à des coupoles, cinq massifs granitiques et gneissiques. Le plus grand des cinq massifs, celui du Gross-Venediger, a 85^{km} de longueur. La couverture de schistes cristallins dans les déchirures de laquelle apparaissent les cinq massifs est depuis longtemps connue dans la Science sous le nom de *Schieferhülle*.

Les géologues allemands et autrichiens nous ont décrit cette *Schieferhülle* comme un très ancien terrain paléozoïque, devenu cristallin par l'intrusion du granite des cinq massifs granitiques. Sur la *Schieferhülle* traînent quelques lambeaux de Trias. Ce Trias nous était présenté comme s'étant déposé aux endroits mêmes où il se trouve aujourd'hui, et comme étant ainsi *discordant*, ou tout au moins *transgressif*, sur les assises cristallines de la *Schieferhülle*.

J'ai découvert que la *Schieferhülle* n'est pas une série sédimentaire continue, d'âge paléozoïque, mais qu'elle est, en réalité, une *série complexe*, un paquet de plis, rabattus les uns sur les autres et reployés ensuite, paquet dans lequel s'intercalent des *lames* de Trias. J'ai montré, en outre, que la plus grande partie de cette *Schieferhülle* est faite de *calcschistes*, identiques à ceux que nous appelons, dans les Alpes occidentales, les *Schistes lustrés*. J'ai fait voir que ces calcschistes tyroliens sont les mêmes que ceux

---

(1) C. Diener, *Bau und Bild der Ostalpen und des Karstegebietes* (Separatabdruck de *Bau und Bild Œsterreichs*; Wien, 1903).

(2) E. de Margerie, *La structure du sol autrichien d'après un Ouvrage récent* (*Annales de Géographie*, t. XIII, 1904, p. 64-80).

de la Basse-Engadine, lesquels sont les mêmes que les *Schistes lustrés*. Or, les *Schistes lustrés* sont d'âge mésozoïque ; et peut-être même leurs étages supérieurs sont-ils néozoïques (Eocène). En tout cas, les calcschistes de la *Schieferhülle* sont antérieurs au Trias. Les lambeaux triasiques qui les recouvrent sont donc des *lambeaux de recouvrement*.

Dès lors, tout se simplifie et s'éclaire. La *Zentralzone* est une région de *nappes*. C'est dans les déchirures d'une nappe de *Schistes lustrés* qu'apparaissent les cinq massifs granitiques des Hohe Tauern. Ces massifs appartiennent eux-mêmes à une nappe, et, si l'on pouvait les traverser, on verrait qu'ils cachent des terrains mésozoïques.

Les nappes de la *Schieferhülle* s'enfoncent, au nord, à l'est et au sud des Hohe Tauern, sous des terrains paléozoïques. Au sud, ces terrains paléozoïques sont *en place*; au nord, ils sont à l'état de *nappe séparée de sa racine*; à l'est, ils sont à l'état de *nappe encore reliée à sa racine et formant carapace*. Tout le pays de gneiss, micaschistes et terrains paléozoïques, qui s'étend entre les Hohe Tauern et la plaine styrienne, est la carapace d'une nappe venue du sud, carapace sous laquelle, comme dans un tunnel, se cache le prolongement des *Schistes lustrés*.

Sur cette nappe de terrains anciens, on observe, çà et là, des lambeaux d'une autre nappe, où dominent les terrains triasiques; et quelques-uns de ces lambeaux triasiques vont se souder, au nord, à la grande chaîne calcaire (Alpes calcaires septentrionales). Il devient donc *nécessaire* d'admettre que toutes les Alpes calcaires septentrionales, longues, du Rhin à Vienne, de 450^{km}, et larges de 30^{km}, sont elles-mêmes un témoin d'une nappe venue du sud, ou d'un paquet de nappes venues du sud, témoin aujourd'hui séparé de ses *racines* (c'est-à-dire des plis qui lui ont donné naissance), et séparé par un hiatus, une *fenêtre*, dont la largeur atteint 100^{km}.

Les *racines* des Alpes calcaires du nord sont dans la bande de plis qui court le long du bord sud de la *Zentralzone*. Cette bande de plis a été nommée, en 1896, *zone du Gailtal* par M. Em. Haug, qui, sans d'ailleurs savoir qu'il traçait ainsi le *lieu* des racines des Alpes calcaires du nord, a montré très exactement la marche de ce faisceau de plis, depuis la vallée du Gail, à l'est, jusqu'à la région d'Ivrée, en Piémont.

Au nord de l'axe des Hohe Tauern, prolongé à l'ouest vers l'Ortler, rien n'est *en place*, de ce qui, actuellement, affleure. C'est seulement au sud des Hohe Tauern que l'on voit les nappes *s'enraciner* et devenir des plis. En partant de la nappe la plus basse, celle à laquelle appartiennent les granites et les gneiss des Hohe Tauern, on peut compter, au minimum, cinq

nappes superposées, jusqu'à la nappe calcaire qui forme les Alpes septentrionales : mais celle-ci est elle-même complexe, de sorte que le nombre réel des nappes empilées les unes sur les autres est certainement supérieur à cinq.

Le faisceau des racines les plus méridionales, racines des nappes les plus hautes, et aussi des nappes qui ont été le plus loin vers le nord, se prolonge, à l'est, dans les Karawanken septentrionales; puis il prend la direction du nord-est, et marche, par-dessous les plaines styriennes, vers les chaînons de la Hongrie centrale (Mittelgebirge hongrois). Cependant que les nappes des Alpes autrichiennes se prolongent, au nord du Danube, par les nappes des Carpathes occidentales; vers l'ouest, les nappes tyroliennes se soudent aux nappes des Alpes suisses. Il n'y a plus, nulle part, aucun désaccord : ni entre la structure des Alpes suisses, telle qu'elle nous a été expliquée en 1902 par M. Maurice Lugeon, et la structure des Alpes orientales; ni entre la structure des Alpes orientales, telle que je viens de la décrire, et la tectonique des Carpathes de l'ouest, considérée comme le même M. Maurice Lugeon nous a, au commencement de 1903, proposé de le faire. Mes observations dans les Alpes orientales ont eu pour conséquence non seulement de démêler le chaos de ces Alpes et de donner, de tous les phénomènes connus, une explication unique et simple; mais encore de confirmer, de la façon la plus éclatante, les théories de M. Lugeon, relatives aux Alpes suisses et aux Carpathes. Et comme, ainsi que je l'ai expliqué dans ma Notice (p. 41-43), les Alpes franco-italiennes sont maintenant très bien connues, et que leur raccordement avec les Alpes suisses ne présente aucune difficulté, c'est donc toute la chaîne alpine, depuis Nice jusqu'aux Carpathes, qui, brusquement, nous apparaît une, régulière et harmonieuse. Il y a six mois, personne n'eût osé parler de la *synthèse des Alpes*, parce que, sur une longueur de 500^{km}, la structure de la chaîne était incompréhensible : aujourd'hui cette synthèse est devenue non seulement possible, mais facile.

Synthèse des Alpes.

A l'exemple de M. Ed. Suess, je distingue avec soin les *Alpes* des *Dinarides*.

Les *Alpes*, ce sont les montagnes situées au nord ou à l'ouest d'une ligne de fractures qui va des environs d'Ivrée, en Piémont, à Ober-Dollitsch, sur la Drave, en passant par le Tonale et par Meran, et rejoignant, à l'est de Meran, la faille du Gail.

Les *Dinarides* (1), ce sont les montagnes situées au sud ou à l'est de cette même ligne : c'est, en particulier, le Trentin, le pays des Dolomies, les Alpes de Vénétie, les Alpes illyriennes. Il n'est pas douteux que les Apennins, sauf peut-être l'Apennin ligure, n'appartiennent aux Dinarides.

Les Dinarides ne ressemblent point aux Alpes. Tandis que les Alpes sont formées de plis extraordinairement serrés et multipliés, tous couchés vers le nord ou l'ouest, et ayant servi d'origine à des nappes au cheminement plus ou moins lointain, les Dinarides, près de leur bord nord, sont formées de terrains *faillés*, mais peu plissés, et se présentent comme une région de plateaux. Quand on marche vers le sud, on voit, dans les Dinarides, des plis apparaître; mais ces plis sont couchés vers l'Adriatique, c'est-à-dire en sens inverse des plis alpins.

Dans les Alpes, depuis Nice jusqu'aux Carpathes, la structure est celle d'un faisceau de plis, d'abord verticaux, graduellement serrés, puis, *dans leur partie haute*, couchés *vers l'extérieur* de la chaîne, c'est-à-dire vers le nord, le nord-ouest ou l'ouest, et laminés par une force irrésistible. Ces plis se sont alors empilés les uns sur les autres et sont devenus des nappes : et les nappes les plus internes, par leur origine, sont celles qui ont été le plus loin vers l'extérieur. *Leur cheminement a parfois dépassé* 120^{km}. Rien ne représente mieux cette allure générale des plis alpins, tous couchés dans le même sens, et longuement étirés, amincis et fragmentés, que l'aspect, par un jour de grand vent, des fumées d'un pays industriel.

Cette action irrésistible qui a couché, nivelé et laminé les plis alpins, comme le vent fait les fumées ou les nuages, n'a pu être que la translation, à la surface du sol, d'une masse de terrains faisant l'office d'un *traîneau écraseur*. C'est ce que j'ai longuement expliqué en traitant du Briançonnais (*Notice*, p. 42). A moins de supposer aux plis des propriétés particulières et mystérieuses, comme de couler les uns sur les autres à la façon des laves successivement vomies par un même volcan, je ne crois pas que l'on puisse échapper à cette conclusion : il y a eu, sur la région alpine, postérieurement à la *striction* graduelle qui a déterminé la production des plis, transport d'une masse écrasante, allant du sud-est au nord-ouest, ou du sud au nord. Cette masse écrasante, c'est le *pays dinarique* tout entier. Sa translation par-dessus la région alpine me paraît avoir précédé son propre plissement; et ce plissement du *pays dinarique*, postérieur à sa translation, est postérieur aussi à l'effondrement qui a donné naissance à l'Adriatique; ce

(1) Ainsi nommées, par M. Ed. Suess, du Monte Dinara, des Alpes illyriennes.

plissement n'est probablement qu'une *poussée au vide* sur le gouffre adriatique.

Tout s'explique alors : et le contraste entre les structures des Alpes et des Dinarides; et le brusque changement des faciès du Permien et du Mésozoïque, dès que l'on franchit les fractures qui forment la frontière alpino-dinarique; et l'existence même de ces fractures. Si le bord alpino-dinarique devient incertain en Ligurie, c'est que la translation du pays dinarique, très inégale selon les lieux, est ici réduite au minimum; et l'inégalité de la translation vers le nord-ouest a été la cause de fractures dirigées vers le nord-ouest, elles aussi, fractures qui ont déterminé à leur tour l'effondrement adriatique. Sur le méridien de Venise, l'avancée du pays dinarique a peut-être atteint 150^{km}; sur le méridien qui bissèque l'arc carpathique, cette avancée a été plus grande encore.

Les chaînes du nord de l'Afrique prolongent les Apennins, comme l'a depuis longtemps indiqué M. Ed. Suess; *mais elles ne prolongent pas les Alpes*. Elles appartiennent aux Dinarides. Le prolongement des Alpes est *en avant* de ces chaînes; et donc il est caché par les eaux de la Méditerranée. Mais la chaîne alpine reparaît dans la Sierra-Nevada. La plus grande partie de la Méditerranée occidentale est un gouffre ouvert dans un *pays extra-alpin* : au lieu que la plaine hongroise est un gouffre ouvert en *pays intra-alpin*, ou même en pays dinarique. L'assimilation, proposée par M. Ed. Suess, de la plaine hongroise à la Méditerranée occidentale, n'est donc pas absolument exacte.

Stratigraphiquement parlant, le trait caractéristique des Alpes, c'est la *zone des Schistes lustrés et du Permo-Houiller métamorphique*. Cette zone se peut suivre, sans discontinuité, de Gênes à Coire. A l'est de Coire, dans le Prättigau, elle s'enfonce, *en tunnel*, sous les nappes d'une zone plus interne. Mais je la montre, réapparaissant au jour, dans deux immenses déchirures de ces nappes, la *fenêtre* de la Basse-Engadine, et la *fenêtre* des Hohe-Tauern. Ce n'est qu'à l'est des Hohe-Tauern qu'elle disparaît, définitivement, sous les nappes. Au sud de Gênes, ainsi que M. Haug l'a indiqué, les Schistes lustrés se prolongent par les formations schisteuses du versant oriental de la Corse. Ils disparaissent ensuite sous les eaux. Mais j'ai dit que les micaschistes de la Sierra-Nevada ont tous les caractères du Permien métamorphique : de sorte que ce massif espagnol est, à mes yeux, un nouveau jalon, marquant le passage de cette longue zone de terrains cristallins.

La zone des Schistes lustrés, c'est le *géosynclinal alpin*, et c'est donc aussi la zone de ce que j'ai appelé les *séries compréhensives*, c'est-à-dire des

séries sédimentaires continues, *à faciès uniforme*, embrassant de longues suites d'âges géologiques. La *condition géosynclinale* a été interrompue, *dans toute la zone*, pendant le dépôt du Trias inférieur et du Trias moyen : et, chose bien curieuse, pendant cette interruption, ce sont encore des conditions *uniformes* qui, dans toute la zone, ont momentanément régné.

Ce géosynclinal alpin, qui n'a été fragmenté et plissé que pendant l'Oligocène, a été le siège d'un *métamorphisme régional* très intense, et, lui aussi, *uniforme d'un bout à l'autre de la zone*. Tous les terrains y sont devenus cristallins; et le métamorphisme a souvent dépassé les bords de la zone, et s'est étalé, plus ou moins loin, dans les régions voisines. Tout ce que j'ai dit, autrefois, du métamorphisme des terrains des Alpes occidentales, est vrai pour les Alpes orientales, et pour toute la chaîne des Alpes.

Un fait remarquable, c'est que le *géosynclinal alpin* est borné, au sud, par une zone *qui était déjà plissée avant le dépôt du Houiller*, et qui, dans la chaîne *anté-houillère*, était déjà une *zone de plis*. Le géosynclinal alpin est creusé en pleine chaîne *anté-houillère*, en pleine chaîne *varisque* ou *hercynienne*. Non seulement les chaînes successives empiètent les unes sur les autres; mais parfois une chaîne récente se superpose *totalement* à une certaine portion d'une ancienne chaîne.

C'est l'approfondissement exagéré du géosynclinal alpin qui a déterminé, à la fin de la période de striction et de plissement, le chevauchement du pays dinarique sur la région plissée. Ce chevauchement a dû être relativement brusque, comme il convient à une rupture d'équilibre. Il est d'âge miocène.

La masse chevauchante, ou le traîneau écraseur, a nivelé simultanément, ou à peu près simultanément, toute la chaîne des Alpes. Il est probable que la partie haute de cette masse chevauchante était, partout, à un niveau peu différent du niveau de la mer.

Mais, après ce nivellement gigantesque, la région alpine enfouie sous les lambeaux dinariques est remontée lentement, et *inégalement*, vers la surface. Et comme la vitesse d'ascension était partout supérieure à la vitesse d'érosion, cette région alpine s'est constituée, peu à peu, à l'état de montagnes. Là où la vitesse d'ascension était maximum, non seulement les lambeaux dinariques, mais encore la plupart des nappes ont disparu; et l'on voit aujourd'hui les plis autochtones : c'est le cas des Alpes franco-italiennes. En Autriche, où la vitesse d'ascension était bien moindre, l'érosion n'a enlevé complètement que les lambeaux dinariques; et d'immenses étendues de nappes sont encore visibles. En Suisse, les phénomènes sont arrivés à un

stade intermédiaire, et la superficie totale des régions de plis est à peu près égale à celle des régions de nappes. On comprend maintenant pourquoi l'aspect général des Alpes orientales est différent de celui des Alpes franco-italiennes : ce n'est pas dans une différence de structure qu'il faut chercher la cause de cette diversité d'aspect, mais bien dans l'inégalité du relèvement de la région écrasée.

Quant aux tronçons de la chaîne alpine que nous appelons aujourd'hui *effondrés*, je veux dire la Méditerranée occidentale entre la mer Tyrrhénienne et la Sierra-Nevada, et aussi la plaine hongroise, ce sont les tronçons qui ne se sont pas relevés, ou qui, tout au moins, n'ont pas, dans leur relèvement, atteint le niveau de la mer.

Telle est, réduite à ses grandes lignes, la synthèse des Alpes. J'y ai été conduit, peu à peu, et par mes études sur le métamorphisme de la zone géosynclinale alpine, et par mes observations sur les phénomènes de charriage du Briançonnais. C'est dans les *micaschistes permiens* de la Vanoise, et c'est aussi dans les *écailles briançonnaises*, que j'ai appris à connaître les terrains des Alpes et à démêler leur structure. En écrivant, dans le courant de 1902, la synthèse des Alpes franco-italiennes, je ne doutais guère que toutes mes conclusions ne dussent s'étendre, tôt ou tard, au reste de la chaîne. Quand j'ai pu enfin les visiter, les Alpes orientales, réputées si différentes des nôtres, m'ont paru identiques aux nôtres; et leurs problèmes, à côté de ceux de la Vanoise et du Briançonnais, m'ont presque semblé simples.

34964 Paris. — Imprimerie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55.